

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

INSTITUT GEODÉZIE A DŮLNÍHO MĚŘICTVÍ

**Měření svahových pohybů báňské výsypky Braňany na Severočeských
dolech a.s. Chomutov, Doly Bílina, s využitím technologie GPS**

Bakalářská práce

Autor :

Jan Větrovský

Vedoucí bakalářské práce :

Ing. Jiří Pospíšil

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 20. 4. 2006

Jan Větrovský

Poděkování

Děkuji za pomoc a konzultace k bakalářské práci panu Ing. Jiřímu Pospíšilovi a pracovníkům Severočeských dolů za použití pomůcek, programu a odbornou pomoc.

Seznam zkratek

S-JTSK	Souřadnicový systém – Jednotné Trigonometrické Sítě Katastrální
GPS	Global Positioning System
WGS-84	World Geodetic System 1984
RTK	Real Time Kinematic
GNSS	Global Navigation Satellite System
Bvp	Baltský systém po vyrovnání
NAVSTAR	Navigation Signal Timing And Ranging
GLONASS	Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema
BM 2005	Báňský model 2005
TC	Technologický celek
DNT	Dolý Nástup Tušimice

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíl bakalářské práce.....	11
3. Obecné zásady řešení stability svahů.....	12
4. Vliv dobývacích prací na stabilitu tělesa výsypky.....	13
4.1. Faktory ovlivňující stabilitu výsypky	14
4.2. Charakteristika sesuvných projevů	14
4.3. Fyzikálně mechanické vlastnosti výsypky.....	14
4.4. Geologické podmínky uložení	15
4.5. Geologické profily výsypky a výsledky stabilitní analýzy	16
4.6. Plošný rozsah těžby výsypky	17
5. Pohyby a deformace výsypkového tělesa	19
5.1. Posun.....	19
5.2. Pokles.....	19
5.3. Klasické metody určování pohybu výsypky	20
5.4. Rekognoskace terénu	20
6. Globální polohový systém	22
6.1. Souřadnicový systém WGS-84.....	22
6.2. Struktura systému GPS-NAVSTAR.....	23
6.3. Signály vysílající družice.....	25
6.4. Metody měření GPS.....	26
6.5. Chyby v měření GPS	27
7. Stabilizace a rozmístění bodů pozorovací stanice	29
8. Použité přístroje, pomůcky a programy	31
9. Rozmístění pozorovacích stanic a izolinie povrchu výsypky	34
10. Vlastní měření v terénu a vyhodnocení	35
10.1. Vyhodnocení pohybu bodů.....	35
10.2. Výsledky měření	39
10.3. Výpočet posunu, azimutu, poklesu	40
10.4. Výpočet směrodatných souřadnicových odchylek	42
11. Závěr	43
Seznam literatury	45
Seznam obrázků	46
Seznam tabulek	47
Seznam příloh	48

Abstrakt

Současná těžba povrchového velkolomu Bílina postupuje v oblasti jižních svahů lomu do prostoru, ve kterém v minulosti probíhala těžba povrchových lomů Braňany, Maxim Gorkij I a Svoboda II.

Vyuhlený prostor byl zpětně zaplněn vnitřní výsypkou, na které v letech 1975, 1988 a 1995 docházelo k sesuvným projevům. Báňské postupy lomu Bílina v letech 2008 - 2010 počítají s odtěžením patní části výsypky v mocnosti přesahující 20 m z důvodu zamýšlené těžby uhelné sloje, která se nachází pod tímto tělesem. Tímto postupem je ohrožena stabilita výsypkového tělesa, které bylo již v horní části rekultivováno.

Na výsypce je budován monitorovací systém, který byl založen na měřickém sledování technologií GPS, přesné inklinometrii a sledování hladiny podzemní vody.

Předmětem bakalářské práce bude provádění a vyhodnocení především kontrolního sledování měřických bodů, které jsou stabilizovány ocelovými pažnicemi s nucenou centrací technologií GPS-RTK (Global Positioning Systém - Real Time Kinematik). Systém je navázán na S-JTSK a Bpv.

Abstrakt

Present extraction of opencast mine continues in the area of the southern slopes opencast mine Bilina into the space, in which in the history proceeded the extraction of opencast mine Braňany, Maxim Gorkij I and Svoboda II.

Winning space was afterwards filled with inner dump, in which, however, periodically in years occurred 1975, 1988 and 1995 slopes of slides. Mining procedures of the opencast mine Bilina in years 2008 - 2010 count with extraction base of the dump in thickness transcending 20 m, because of intended extraction bank of coal, which is locating under this body of dump. With this procedure is endangered the stability of the dump, which was already recultivated in the upper part.

There is being built a monitoring system on the dump, which is based on the monitoring of GPS technologies, precise inclinometry and monitoring of the underground water level.

The subject of the baccalaureate work will be mainly implementation and evaluation of monitoring of geodetical points, that are stabilized by steel casing with compulsory centration of GPS- RTK technology, global positioning system- real time kinematics. System will be connected with system S- JTSK and Bpv.

1. Úvod [14]

Severočeská hnědouhelná pánev představuje relikt třetihorní sedimentární pánve, jejíž vyplňování sedimentárním materiálem spadá převážně do období miocénu. V době před 22 až 17 miliony let se v této pánvi nakupilo až 500 metrů jílu, písku a organické hmoty. Na většině plochy pánve je vyvinuta hnědouhelná sloj, vzniklá z vrstev rašeliny ukládaných v třetihorním močále.

Rozloha dnešních zbytků mostecké pánve činí 870 km². Nejhlubší částí pánve je tzv. centrální oblast mezi městy Litvínov, Osek, Duchcov a obcemi Lom a Mariánské Radčice. V současné době je uhelná sloj těžena pěti povrchovými lomy. Dva z nich - lom Bílina a lom Libouš provozují Severočeské doly a.s. Chomutov.

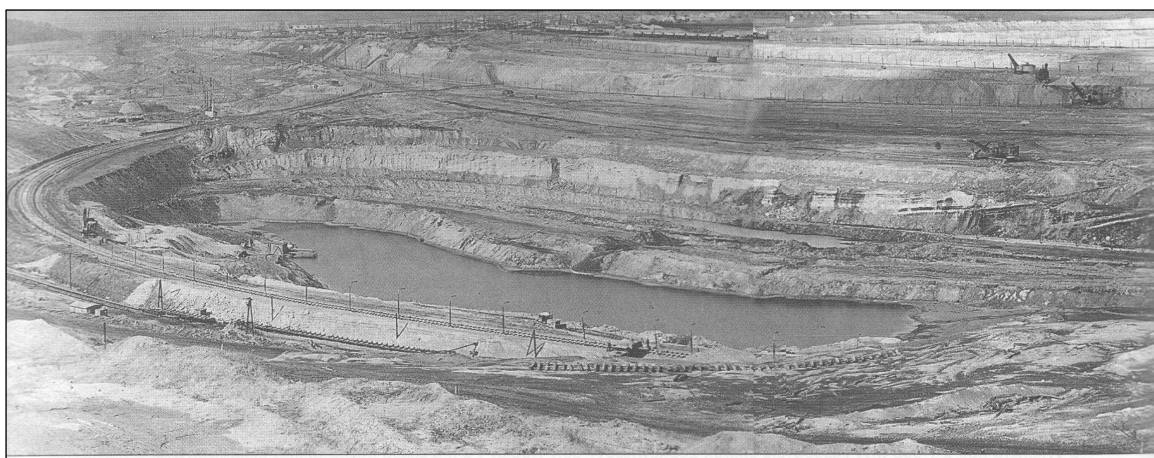
Povrchový lom Bílina se svou hloubkou kolem 200 m (nejnižší bod je na 45 m.n.m., hrana nejvyššího skrývkového řezu je na kótě 220 - 280 m.n.m.) je nejhlubším dolem v mostecké pánvi. Uhelná sloj těžená na ložisku "Velkolom Maxim Gorkij" má mocnost od 25 do 35 m, průměrný obsah popela v bezvodém stavu 26,9 %, obsah síry 1,03 % a výhřevnost v původním stavu 13,929MJ/kg.

Celkové vytěžitelné zásoby uhlí na ložisku činily k 31.12.2006 202 milionů tun. Místy byla nejkvalitnější část sloje znehodnocena historickou těžbou hlubinnými doly. Nadloží sloje o mocnosti až 200 m je tvořeno z větší části usazeninami tzv. bílinské delty z menší části jílovými jezerními usazeninami libkovických vrstev. Těleso bílinské delty je povrchovým lomem Bílina odkrýváno v příčném směru. Z dosavadní dokumentace je zřejmé, že je tvořeno velmi složitým komplexem písčitých deltových těles, vrstev jezerních jílu a spleti písčitých výplní říčních koryt s lemy jílovitých nivních usazenin. Složitá geologická stavba přináší komplikace pro těžbu v podobě výskytu zvodnělých písčitých těles, obtížně dobytelných těles pískovců a vrstev jílovců s výskytem pevných pelokarbonátových proplátek. Těžba ložiska probíhá ve směru východ - západ. Ze severu je ložisko omezeno řadou bezeslojných pásem z jihu výchozem sloje v okolí bílinského zlomu a západní hranici ložiska tvoří administrativně stanovená linie - hranice dobývacího prostoru.

Lom Bílina se skládá z dřívějších lomů Maxim Gorkij I, Svoboda II. Bílinský tektonický zlom tvoří hranici starého (výše položeného) a nového (níže položeného) lomu. Postup těžby jižního svahu lomu Bílina se rozšiřuje do oblasti, kde se nacházel lom

Braňany obr.1. (dříve Maxim Gorkij I, Svoboda II) a probíhala zde těžba. Tento vyuhlený prostor byl následně zasypán výsypkou, kde opakovaně probíhaly sesuvné jevy z důvodu špatného odvodnění podloží výsypky.

Výsypka Braňany je součástí lomu Bílina a je pojmenovaná podle stejnojmenné obce, která leží asi 2 km severním směrem. Počítá se s odtěžením patní části výsypky mocnosti přibližně 20m. Hlavní roli v těžbě zde hraje, jak bylo uvedeno, složitá geologická stavba. V horní polovině výsypky Braňany hrozí vzhledem k ukloněnému podloží porušení výsypkového tělesa. V případě pohybu by komplikovala těžbu v uhelném lomu.



Obr. 1 Stav lomu Braňany, rok 1967

Mělké uložení sloje ve výše položené jižní kře, oddělené od hlavního sedimentačního prostoru výše uvedeným bílinským zlomovým pásmem, umožnilo v minulosti efektivní těžbu uhlí jak hlubinným, tak později povrchovým způsobem.

V předmětném území severně od Braňan těžil v západní části lom Svoboda I, ve východnější části (námi nyní posuzované) lom Svoboda II. Ten byl zcela novou otvírkou. Jako úsek II dolu Ignis byl založen koncem války v r. 1944. Ještě dlouho po válce těžil jako malolom.

Do r. 1950 se přiblížil těžbě 500 tisíc tun za rok a do konce 50. let se roční těžba pohybovala mezi 500 – 600 tisíci tun. V r. 1958 byla zahájena rozsáhlá rekonstrukce lomu. Na skrývku byl nasazen velkostroj K 1000/36. Skrývkové hmoty se zakládaly na Střimicích (zakladač Z 1200 s kolejovou dopravou materiálu). Po roce 1963 byla trvale dosahována roční těžba 1,30 mil. tun uhlí. Před vyuhlením v letech 1974 – 75 i přes 2 mil. tun. Lom byl do r. 1952 rozvinut v úzkém, jen 150 – 300 m širokém a 1200 m dlouhém prostoru podle slojového výchozu na jižní straně. Odtud sloj upadala severním směrem až

k bílinské tektonické poruše, která sloj dále shazovala až o 40 m hlouběji. Zářez lomu se postupně prodlužoval podél výchozu přes stará dolová pole dolů Saxonie a Fügner až k východnímu výchozu pod svahem vrchu Mnichovce do délky přes 2 km. Současně se lom rozšiřoval v celé délce porubní fronty severním směrem. V 60. letech dosáhl do přerubaných ploch starých dolů Amalia III ve východní části, Poustevník ve střední části a Král Albert v západní části dolového pole. Postup do stále narůstajících mocností nadloží však umožnilo až nasazení velkostroje K 1000.

Před r. 1959, dříve než zahájil sypání nový zakladač v prostoru Střimic, byl nadložní materiál zakládán v opuštěném lomu Svoboda. Částí skrývky se zasypávala jižní část lomu, kde se tak sanovaly skluzy otvirkových řezů pod třídnou. Tím vlastně počalo zakládání vnitřní výsypky. Po dobu provozu lomu sem byly postupně zakládány zeminy skrývky a to malostrojovou technologií s automobilovou dopravou. Po vyuhlení prostoru se na vnitřní výsypku přesunul zakladač Z 1200 a zahájil zakládání hmot z odlehčovacích řezů jižního křídla lomu Maxim Gorkij.

Zakládání bylo ukončeno ve druhé polovině 80. let 20. století. Těleso vnitřní výsypky pak prošlo deformačními procesy, které vyústily v sesuvné jevy velkého rozsahu.

2. Cíl bakalářské práce

Cílem práce je sledování sesuvu výsypkového tělesa do těžebního prostoru, kde se nachází uhelná sloj, která se bude odtěžovat. Na výsypce jsou zabudovány ocelové pažnice, na kterých se sleduje deformace výsypky. Při měření bylo použito technologie GPS, z důvodu těžce přístupného terénu a vhodnosti této metody v těchto podmínkách. V případě nadměrného pohybu těchto hmot by mohla být ohrožena stabilita již rekultivované výsypky a tím i okraj obce Braňany. K opatření proti zavalení bylo použito kamenných lavic, které zabraňují k dalšímu sesuvu a deformaci výsypkového tělesa.

3. Obecné zásady řešení stability svahů [5,6]

Stabilitu svahu je možné řešit následujícími čtyřmi druhy metod:

1. Metody mezní rovnováhy, které řeší rovnováhu sil podél uvažované smykové plochy a postupně vyhledávají plochu s nejnižší stabilitou.
2. Metody mezního stavu rovnováhy, kterými se stanovuje tzv. kritická výška svahu s určitým sklonem a parametry smykové pevnosti, při nichž dojde k meznímu stavu rovnováhy
3. Metody řešení napjatosti a deformace zemního tělesa, které umožňují stanovit přetvoření zemního tělesa jako celku
4. Nomogramy a tabulky, které jsou sestaveny na základě již získaných zkušeností nebo vyřešení mnoha případů

Ve smyslu vyhlášky ČBÚ č.26/1989 Sb. platí :

1. Stupeň (koeficient) bezpečnosti generálního svahu tvořeného zeminami se zjišťuje vhodnou výpočtovou nebo grafickou metodou a musí být nejméně :
 - a) 1.5 pro svahy trvalého charakteru (stav trvající déle než rok)
 - b) 1.3 pro svahy dočasného charakteru (stav trvající méně než rok)
 - c) 1.2 uvažuje-li se o reziduální pevnosti zemin v převážném rozsahu svahu
2. Stupeň bezpečnosti musí být přiměřeně zvýšen, jde-li o svahy :
 - a) v zeminách náchylných k přijímání vody ke skluzům,
 - b) v potrhané zemině nebo jinak narušené,
 - c) proti úklonu vrstev,
 - d) v zeminách, jejichž mechanické vlastnosti se mohou podstatně změnit odlehčením,
 - e) v nepříznivých geologických podmínkách (tektonika, úložní poměry apod.),
 - f) poddolované.

Ve smyslu vyhlášky ČBÚ č.26/1989 Sb. platí :**1. Výška a sklon řezů musí být určeny**

- a) u zemin při výšce řezu nad 6m podle mechanických vlastností a podle parametrů dobývacích strojů
- b) u hornin podle geologických poměrů ložiska, dobývací metody, parametrů dobývacích a nakládacích strojů

Přitom výška řezu nesmí přesahovat výškový dosah dobývacího stroje

2. Stupeň bezpečnosti řezu zemin musí být nejméně

- a) u soudržných zemin 1,2
- b) u nesoudržných zemin 1,1
- c) u řezů trvalého charakteru (bočních a konečných) a řezů, na nichž jsou umístěny dopravní a jiná zařízení 1,3

3. Při nepředvídané změně mechanických vlastností zeminy v řezu, která vyvolá snížení stupně bezpečnosti, se mohou práce provádět jen za zvláštních opatření určených organizací**4. Do výšky řezu se započítávají i hřebeny vytvořené provozem rypadel**

5. Postup dobývání proti úklonu vrstev a v dosahu sypaných nebo plavených hmot musí být určen na základě výpočtu bezpečnosti proti ujetí vrstev a hmot

4. Vliv dobývacích prací na stabilitu tělesa výsypky

V této kapitole bude stručně popsána základní problematika lomového dobývání ložisek v našem případě dobývání uhelné sloje.

Problematikou výsypek se v průběhu let zabývala řada autorů, zejména otázkou stability samotných výsypkových těles. Hlavním problémem, který se objevuje, jsou sesuvy svahů, které ovlivňují negativně další postupy těžby nebo také stavby například silnic. Proto se v dnešní době klade velký důraz na zjišťování geomechanických vlastností a stabilitu výsypkových těles. Je řada činitelů, které tuto stabilitu ovlivňují.

4.1. Faktory ovlivňující stabilitu výsypky [1]

Neovlivnitelné faktory – geologické poměry výsypky, hydrogeologické poměry výsypky, fyzikálně mechanické vlastnosti hornin a zemin ve výsypce, působení exogenních vlivů, neznámé těžební postupy, které narušily prostředí a zvýšily riziko nepravidelných anomálií.

Ovlivnitelné faktory – odvodnění celého výsypkového tělesa, zajištění dlouhodobé spolehlivosti drenážních a odvodňovacích systémů. Konečná geometrie a sklon svahu, úvaha o tvaru a sklonu výsypky v rámci sanací a rekultivací. Stabilitní opatření u paty svahu.

4.2. Charakteristika sesuvných projevů [13]

Pro zatřídění je zapotřebí znát dvě kritéria - mechanismus pohybu a rychlost pohybu. Pokud známe tyto dvě kritéria, rozdělujeme svahové pohyby do 4 skupin:

- **Ploužení** - definujeme jako dlouhodobý nezrychlující se pohyb horninových hmot. Jedná se o deformaci, která probíhá za konstantního napětí.
- **Sesouvání** – jedná se o rychlý, krátkodobý klouzavý pohyb horninových hmot, které se nasunou na původní terén. Výslednou formou je sesuv.
- **Stékání** – jedná se o rychlý krátkodobý pohyb horninových hmot ve viskózním stavu. Stékající hmoty jsou odděleny od neporušeného podloží. Výslednou formu definujeme jako proud.
- **Řícení** – jde o rychlý krátkodobý pohyb horninových hmot na strmých svazích. Uvolněné hmoty ztrácejí kontakt s podložím. Při tomto pohybu dochází k volnému pádu, ale i k různým jiným pohybům. Uvolněné hmoty se hromadí u paty svahu a mohou se dále pohybovat ve formě stékání nebo sesouvání.

4.3. Fyzikálně mechanické vlastnosti výsypky [1]

Zemina výsypek se skládá ze směsí hrubé a jemné frakce různého mineralogického a petrografického složení. Toto složení má různé fyzikálně-mechanické vlastnosti, které

ovlivňuje chování na výsypkách. K hlavním fyzikálně mechanickým vlastnostem výsypek patří:

- objemová hmotnost zemin
- vlhkost zemin
- měrná tíha skeletonu
- pevnost
- úhel vnitřního tření
- pórovitost
- pevnost v prostém tlaku

V případě lomu Braňany:

- uvnitř vyuhlené pánve se nachází výsypkové materiály, které jsou tvořeny: z nadložních zemin (písečné a jílovité zeminy v různých poměrech).
- V patní části výsypkového tělesa je výrazné zvodnění způsobené neodvodněním zbytkové jámy lomu. Jedná se o souvislé zvodnění.
- Mechanické vlastnosti se mění v průběhu času

4.4. Geologické podmínky uložení [7]

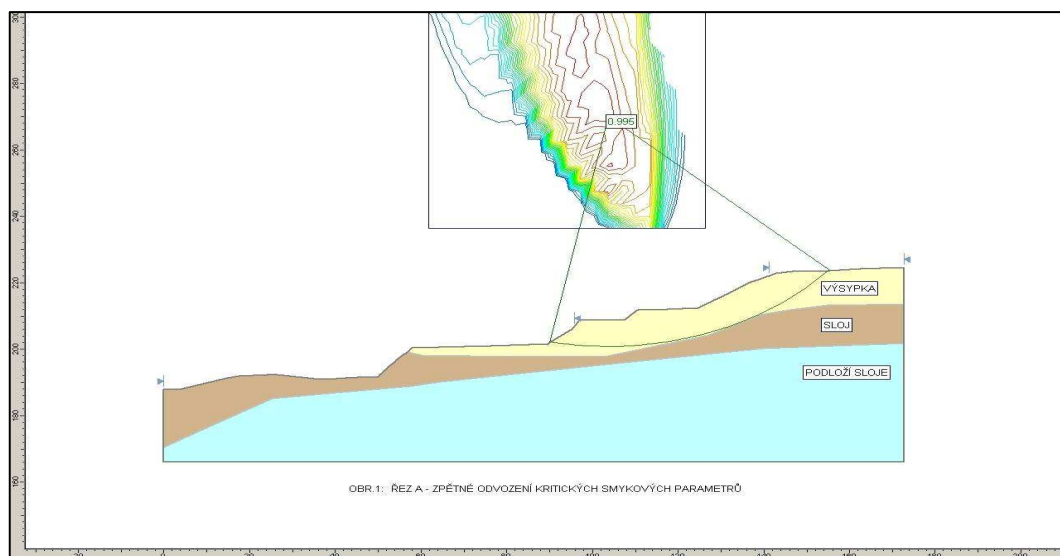
V zájmovém prostředí se nachází pod výsypkou tento soubor vrstev: bělošedé kaolinitické jílovce, jílovce převážně šedých barev s polohami písků a polohami uhelných sedimentů bez příměsí klastického křemene krystalinika. Hlavní uhelná sloj, nepísečné jílovce šedohnědých barev. Skoro všechny uvedené horninové typy mají v laboratorních podmínkách dostatečnou smykovou pevnost. Tuto smykovou pevnost mají pouze jednotlivé vzorky daných hornin. Výsypkové těleso se musí posuzovat jako jednotný horninový masív. Velmi vážným problémem hornin a zemin, z nichž je výsypka tvořena je jejich rychlá degradace vlivem působení exogenních činitelů, což má za následek zhoršenou stabilitu výsypky a následný výskyt svahových deformací.

V oblasti výsypky a okolí je důležitým faktorem tektonika, která ovlivňuje stabilitu. Prvkem způsobující deformaci je bílinské zlomové pásmo. Nachází se na jižním svahu

lomu Bílina prodlužující se na západ. Jižní kra měla menší mocnost než nadloží uhelné sloje. Bílinský zlom je přesně zmapován a jeho pozice je ovlivněna šikmými poruchami (zlom Victoria, Poustevník, Albert).

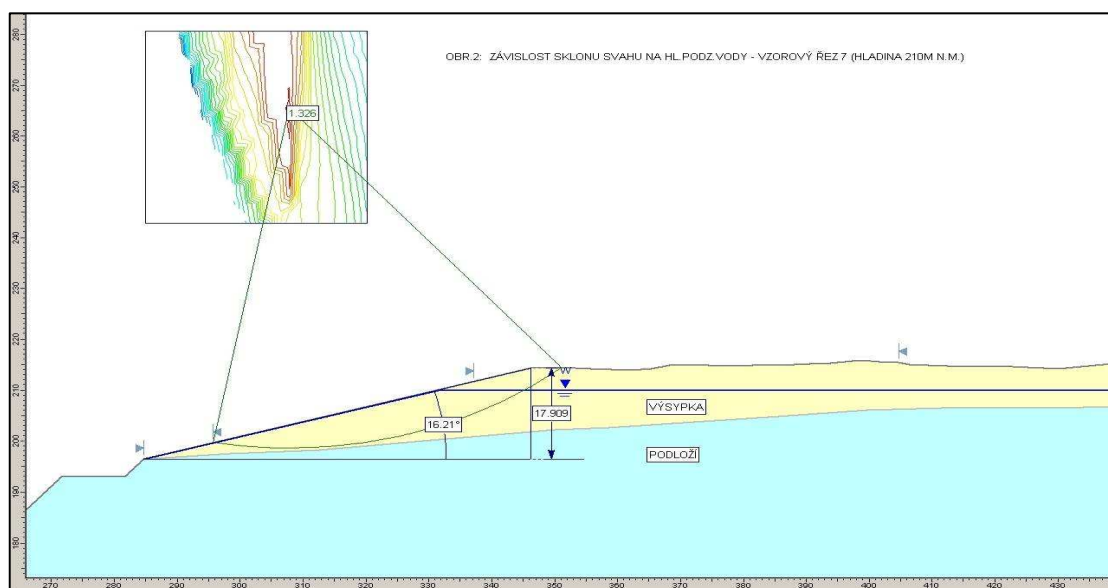
4.5. Geologické profily výsypky a výsledky stabilitní analýzy [8]

Výpočet stabilitních poměrů patní části svahu prokazuje nevyhovující stupeň bezpečnosti, výsypka po odtěžení nebude stabilní.



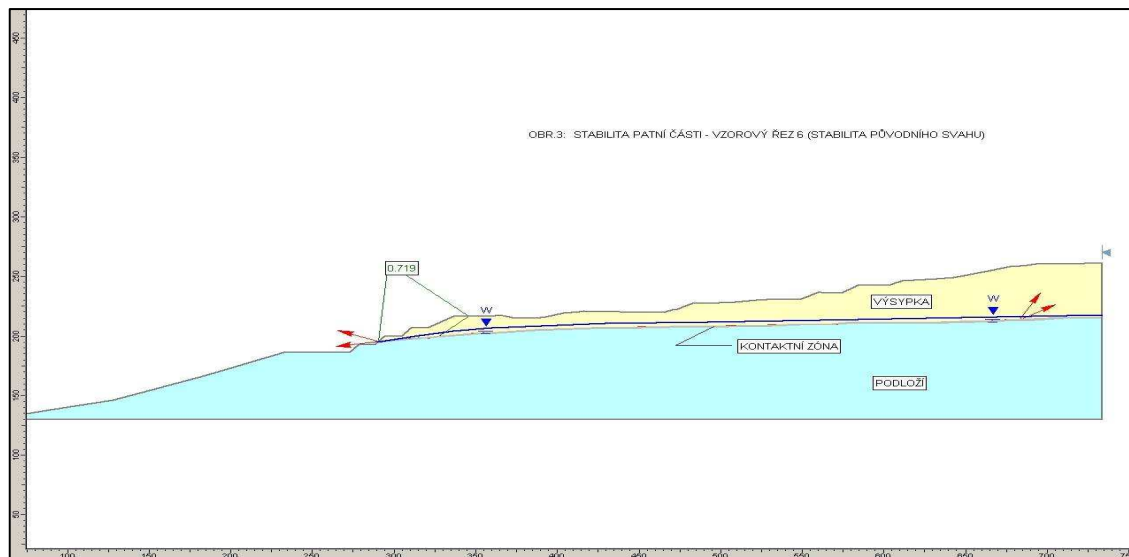
Obr. 2 Geologický profil výsypky

Výpočet stabilitních poměrů generálního svahu, prokazuje nevyhovující stupeň bezpečnosti. Výsypka po odtěžení nebude stabilní.



Obr. 3 Geologický profil výsypky po odtěžení výsypky

Bylo navrženo svahování svahu v poměru 1:4, přesto stupeň bezpečnosti nedosahuje požadované hodnoty 1.5. Bylo nutné navrhnout stabilizaci paty výsypky pomocí stabilizačních kamenných lavic. Celkem bylo navrženo 5 lavic.



Obr. 4 Geologický profil výsypky před odtěžením

4.6. Plošný rozsah těžby výsypky

Vzhledem k tomu, že na lokalitě byla v minulosti provedena rekultivace, musí se při snižování generelního úhlu výsypkového tělesa respektovat zásady ochrany zemědělského půdního fondu. Snímání ornice se provádí buldozerem, kterým se ornice shrnuje na deponii. Po sanaci a stabilizaci výsypky bude použita k druhotné rekultivaci.

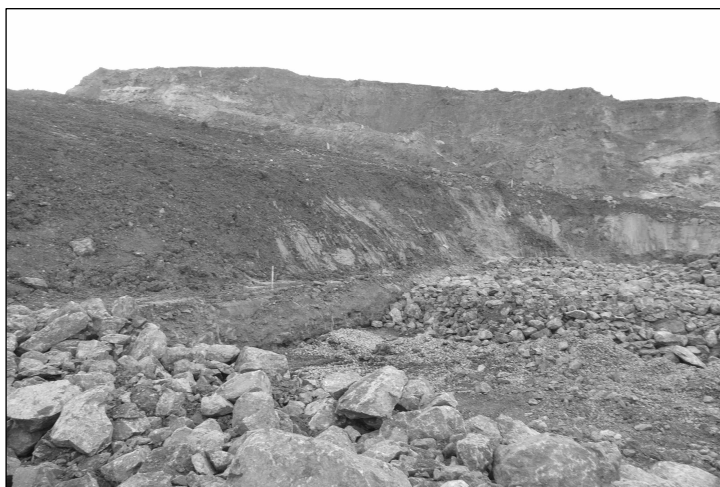
Základem zvýšení stability výsypky je úprava jejího generelního sklonu a odvodnění. Tento generelní sklon byl upraven pomocí buldozerů typu CAT 6, 8, 10. První dotěžování výsypky bylo v roce 2008 prováděno báňskou technologií TC 2 rypadlem KU 800/99, obr.5.



Obr. 5 Vznik tahových trhlin při postupu rypadla KU800/99

Docházelo k prvním stabilitním problémům, které báňský provoz očekával. Poté je těžba přebytečných hornin a zemin výsypky prováděna dvěma lopatovými rypadly. Vytěžený prostor byl zaplňován lomovým čedičovým kamenem, obr. 6.

Následně je nakládán na nákladní automobily a odvážen do pracovního prostoru kolesového rypadla. Po přetěžení kolesovým rypadlem KU 800 jsou tyto hmoty směřovány pasovými dopravníky na vnitřní výsypku lomu Bílina, kde jsou opět založeny dle správných bezpečnostních zásad a technologických postupů. Těžba lopatovým rypadlem musí být prováděna tak, aby nevznikaly nebezpečné převisy, z toho důvodu musí řidič rypadla soustavně pozorovat rozval a pracovní plošinu a neustále zjišťovat známky případné možnosti ujetí zeminy. Zpomalovat tok zeminy lžící rypadla je zakázáno. Nákladní auto nesmí býtloženo přes kabinu řidiče. Všechny jevy nasvědčující sesuvu zemin a hornin musí řidič neprodleně hlásit. Těžba rypadlem musí být prováděna čelem ke stěně, a to z důvodu, aby mohl řidič rypadla v případě nebezpečí ujet. Případné nebezpečí signalizuje obsluze ostatních přistavených strojů.



Obr. 6 Výstavba opěrné první kamenné stabilizační lavice, listopad 2008

5. Pohyby a deformace výsypkového tělesa [3]

5.1. Posun

Při určení posunu bodu za určitého období (na začátku a na konci) je zapotřebí rozdílu dvou poloh bodů. Za pomoci souřadnic bodů na začátku období a souřadnic na konci časového období lze vyjádřit směr posunu bodu, kde jsou:

X_i, Y_i - souřadnice bodů na začátku období

X_j, Y_j - souřadnice bodů na konci období

Δt - časové období

$$v_{\Delta t} = \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$$

- pak směr posunu bodu je:

$$\sigma_{v_{\Delta t}} = \arctg \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i}$$

Azimut – je definován nulou, která je orientována na sever, 90 stupňů je orientováno na východ, 180 stupňů na jih, 270 stupňů na západ.

5.2. Pokles

Při určení poklesu určujeme rozdíl výšek bodů zaměřených za daného časového období kde:

$s_{\Delta t}$ – pokles bodu

V_i – výška bodu na začátku období

V_j – výška bodu na konci období

- pak pokles bodu je:

$$s_{\Delta t} = V_j - V_i$$

5.3. Klasické metody určování pohybu výsypky [3]

Při určování *posunů* můžeme postupovat různými metodami měření a to těmito způsoby:

- 1) pomocí měřických přímek (ordinátometr, metoda rajónů)
- 2) polygonometricky
- 3) trigonometricky (protínáním, triangulací)

Při určování *poklesů* můžeme postupovat různými metodami měření a to těmito způsoby:

- 1) Geometrickou nivelací
- 2) Hydrostatickou nivelací
- 3) Trigonometrickou nivelací
- 4) Radarová interferometrie
- 5) GPS

5.4. Rekognoskace terénu

Rekognoskace proběhla dne 26.2.2009 na lomu Braňany v blízkosti města Bílina. Byly vyhledány body pozorovací stanice 1-17. Body jsou vyztuženy ocelovými pažnicemi.



Obr. 7 Pohled na výsypku Braňany ze západní strany lomu, únor 2008

Při vyhledávání jednotlivých bodů bylo zjištěno, že body číslo 7,8 jsou zničeny, nebo poškozeny vlivem dobývacích prací. V dalším průzkumu terénu bylo zjištěno, že část výsypky je zvodnatělá. Při sesuvu výsypky dochází k deformování povrchu, které má za následek poruchy a zlomy výsypkového tělesa.

Dále byly naplánovány jednotlivé etapy dalšího měření z důvodu sledování pohybu výsypkového tělesa vzhledem k časové proměně.



Obr. 8 Poklesové odlučné hrany vyvolané odtěžováním paty výsypky, únor 2008



Obr. 9 Geodetický bod č. 8 s nucenou centrací je monitorován přístrojem TRIMBLE R8



Obr. 10 Geodetická žlutá pažnice bod č. 15 s nucenou centrací, na tomto bodě je měřen největší pokles a posun

6. Globální polohový systém

Tento systém sloužím k určování polohy. GPS (Global Positioning Systém) je družicový navigační systém, který funguje na principu příjmu a zpracování signálu vysílajících družic. V dnešní době existuje několik různých systémů například ruský (GLONAS), americký (NAVSTAR) a budující se systém pro Evropu (GALILEO), který by měl být spuštěn v roce 2014, čínský (COMPASS).

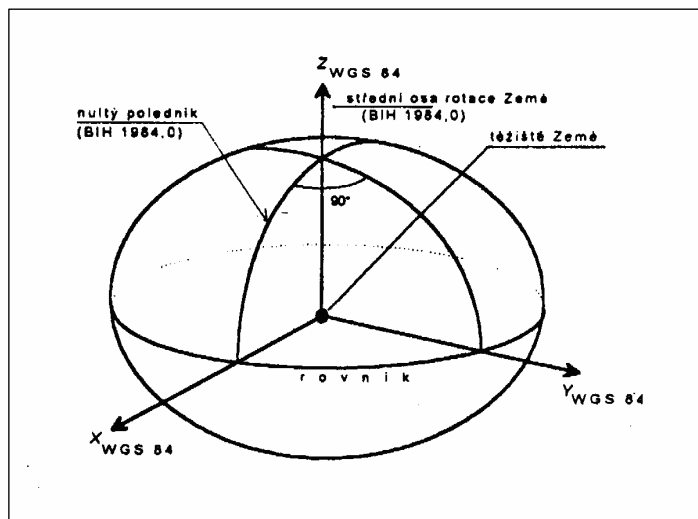
V dalším textu jen stručně shrnu principy a postupy měření GPS, protože tyto věci jsou všeobecně známy. Popis se bude týkat pouze systému NAVSTAR , protože při měření nebyly použity družice jiných GPS systémů.

6.1.Souřadnicový systém WGS-84 [4,12]

WGS-84 (World Geodetic System) a nebo také světový geodetický systém. Tento systém má počátek ve středu Země s přesností přibližně 2mm. Osa Z je totožná s osou rotace Země, která byla určena v roce 1984. Osy X a Y leží v rovině rovníku. Osu X můžeme definovat jako průsečnici poledníku WGS-84 a roviny rovníku a Osy Y, která doplňuje systém na pravotočivý pravouhlý souřadnicový systém, kde směr kladné osy je

v 90° . Jde o geocentrický systém geodetický referenční systém. WGS-84 je používán armádami NATO a v geodézii a kartografii.

Souřadnicový systém WGS-84 v němž je poloha definována geodetickou šířkou, geodetickou délkou a popř. elipsoidickou výškou.



Obr. 11 Souřadnicový systém WGS-84

Transformace WGS-84 do systému S-JTSK

Souřadnice systému jsou: γ je zeměpisná šířka, λ zeměpisná délka, H je elipsoidická výška nebo geocentrické prostorové X , Y , Z . Pro transformaci je třeba znát minimálně 3 body, u kterých známe souřadnice v obou dvou systémech. Tyto body musejí být rozloženy rovnoměrně kolem zaměřovaného území.

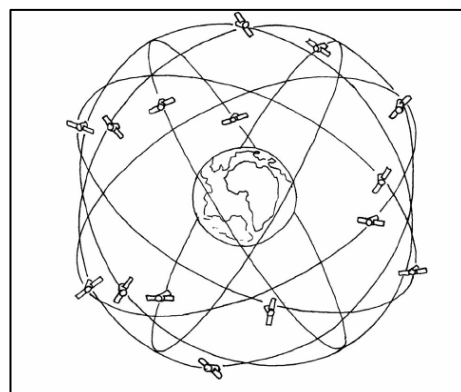
6.2.Struktura systému GPS-NAVSTAR [2,4]

Můžeme rozdělit na tři základní části a to jsou :

- 1) kosmický segment,
- 2) řídicí segment,
- 3) uživatelský segment.



Obr. 12 Družice systému GPS



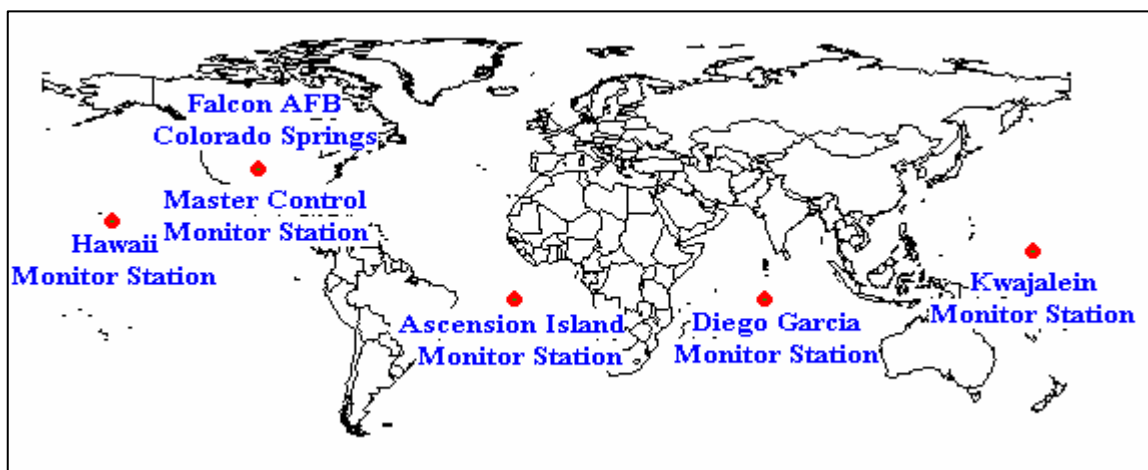
Obr. 13 Rozmístění družic

Kosmický segment se skládá z 28 družic na 6 drahách, které mají oběžnou dobu přibližně 12 hodin. Tento segment je tvořen tak, aby na každém místě byly zachyceny minimálně 4 družice.

Pro potřebu prací je vhodnější větší počet družic a to 5-7. V ideálním případě můžeme pozorovat až 12 družic.

Řídící segment ovládá celý navigační polohový systém. Skládá se z 5 monitorovacích stanic (Hawaj, Kwajalein, Diego Garcia, Ascension, Colorado Springs), hlavní stanice, která má za úkol aktualizovat hodiny a aktualizovat navigační zprávy a dále ze tří pozemních řídicích stanic. Tyto stanice se nachází na vojenských základnách Kwajalein, Diego Garcia, Ascension.

Uživatelský segment se skládá z GPS přijímačů. Tyto přijímače určují polohu čas a rychlost. Při výpočtu souřadnic (x , y , z a t) je zapotřebí minimálně 4 družic. V dnešní době jsou GPS navigace vyrobeny pro široké okruhy například pro loďstvo, letectvo, vozidla, turistické účely, geodetické měření a jiné.



Obr. 14 Rozmístění pozemních řídicích stanic

6.3. Signály vysílající družice [2]

Každý signál vyslaný družicí GPS NAVSTAR je kombinací nosné vlny, dálkoměrného kódu a navigační zprávy. Družice vysílají signály dvou frekvencí.

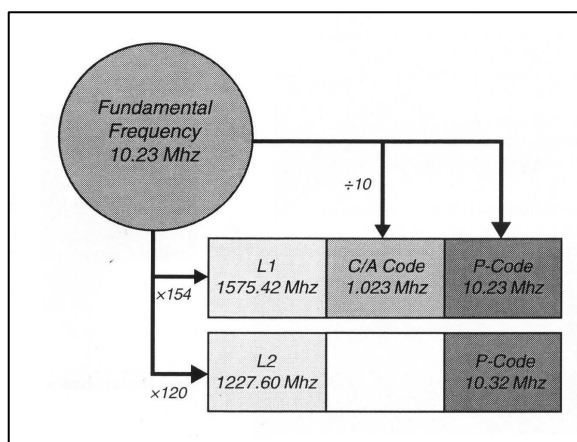
Frekvence L1 (1575,42 MHz) jde vlastně zašifrovaný o P-kód (Precision Code – přesný kód) a také o C/A kód (Coarse/Acquisition Code – hrubý/volný kód), který zašifrovaný není. Šifrovaný P/A kód označujeme jako Y-kód.

Frekvence L2 (1227.60 MHz) je tvořena jen P-kódem. Většina běžně používaných přijímačů používá jen C/A kód. Základní frekvence je $f_0 = 10.23$ MHz, která je odvozená z frekvence atomových hodin. Používá se k vytvoření signálu vysílajících družic.

C/A kód je složen z posloupnosti nul a jedniček a opakuje se každou milisekundu. Každá družice obsahuje vlastní C/A kód. Formuje nosnou frekvenci L1. Pro dekódování tohoto signálu jsou známy rovnice, proto tento kód je přístupný pro civilní použití. Využívá se především v mapování a navigaci. Tento kód běží na frekvenci 1.023 MHz.

P – kód slouží k přenosu obou nosných vln s frekvencí L1 a L2. Jeho vysílaná frekvence je 10.23 MHz, která se opakuje každých sedm dní. U tohoto kódu jsou známy rovnice pro dekódování a slouží pro civilní účely. Výhodou P-kódu je vyšší přesnost díky rychlejšímu a delšímu kódu a měření na dvou nosných vlnách frekvencí L1, L2.

Y – kód je považován za šifrovaný P – kód. Rovnice pro tento kód jsou tajné, dekódovat tento kód mohou jen osoby pověřené. Y-kód je vysílán téměř nepřetržitě systémem GPS. Pokud armáda spustí Y-kód, není možné pro civilní účely použít P-kód.



Obr. 15 Struktura družicového signálu

6.4. Metody měření GPS [11]

Při geodetických měřeních se používá několik různých metod měření GPS, které se liší postupem, nebo přesností určení polohy v systému WGS-84. Můžeme rozlišit dvě základní metody a to metodu statickou a metodu kinematickou. Při metodě statické jsou všechny potřebné systémy v klidu na zemském povrchu a naopak u metody kinematické jsou tyto systémy v pohybu.

Statická metoda je časově náročnější, ale s nejvyšší přesností. Přesnost určení polohy bodů je 3 – 5 mm. Používá se při pracích, kde je zapotřebí nejvyšší přesnosti. Při delších základnách je tato metoda přesnější než metody klasické geodézie. Při opakovaných měřeních lze například pozorovat tektonický pohyb bodů.

Při rychlé statické metodě je zapotřebí dvojice přijímačů. Přesnost určení polohy bodů je 5 - 10 mm + 1 ppm. Tato metoda se využívá při zhušťování základních i podrobných bodových polí. Doba měření závisí na počtu družic, které jsou v dosahu. Čím vyšší počet družic, tím se zkracuje doba měření.

Metoda Stop and Go je podobná rychlé statické metodě, kde přijímač nepřestává měřit během přesunu mezi jednotlivými body. Při měření na prvním bodě je nutno setrvat, z důvodů řešení ambiquity. Stanovení ambiquity je statická metoda, kde se jedná o nejistotu v určení počtu celých vlnových délek. Další měření na bodech je zkráceno na několik sekund za předpokladu, že není ztracen signál. Přijímač je nastaven na kinematický režim a přijímač na referenční stanici může pracovat jak na kinematickém režimu tak na statickém režimu. Tuto metodu lze použít pro určení souřadnic podrobných bodů. Přesnost určení polohy bodů je 10 – 20 mm + 1 ppm.

Kinematická metoda se rozlišuje na kinematickou metodu s inicializací, která je podobná metodě Stop and Go. Doba observace se pohybuje v řádech sekund, pokud se signál ztratí musí se inicializace opakovat na známém bodě. Další kinematickou metodou je metoda kinematická bez inicializace, která pracuje na základě řešení určení ambiquity za pohybu přijímače, kde odpadá opakovaná inicializace z důvodu přerušení signálu. Přesnost určení polohy bodů je 20 – 30 mm + 3 ppm.

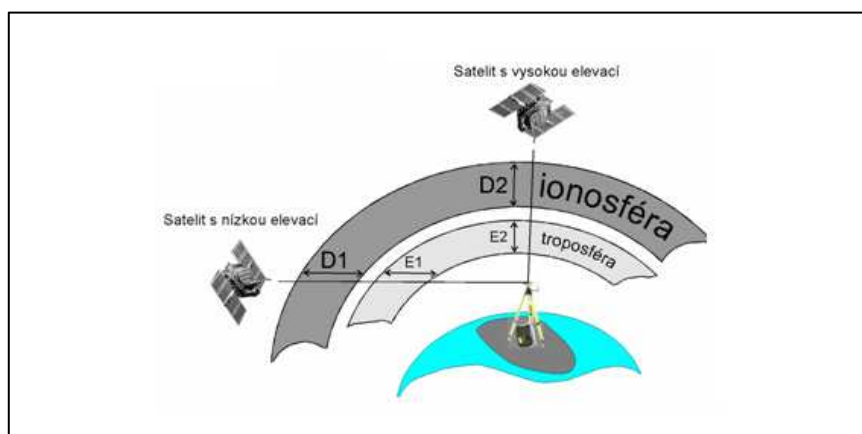
RTK (Real Time Kinematic) metoda využívá radiové spojení k vysílání z referenční stanice na podrobnou stanici. V této metodě lze vypočítat souřadnice

v reálném čase. Můžeme měřit jak v systému WGS-84 tak i v systému S-JTSK. Přesnost určení polohy bodů je 30 – 50 mm.

6.5. Chyby v měření GPS [4]

Při měření systémem GPS je mnoho faktorů, které ovlivňují výsledek měření. Přesnost výsledného měření závisí na volbě metody měření, ale taky na druhu použitého přístroje GPS.

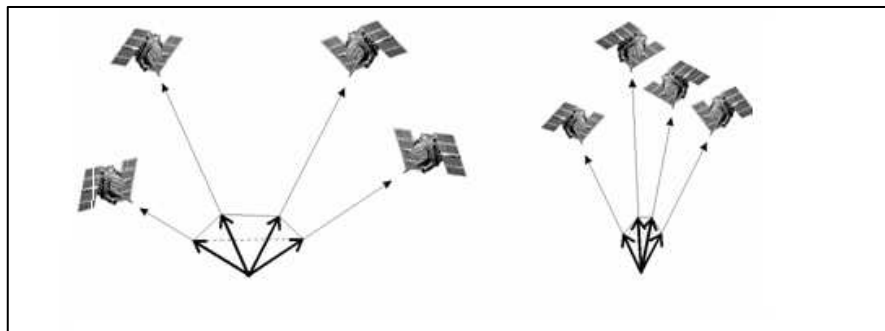
Ionosférická refrakce - Signál procházející ionosférou může zpomalit družicový signál. Tato refrakce je závislá na rychlosti signálu procházející atmosférou a hustotě vzduchu. Do této skupiny můžeme zařadit různé druhy jevů, které ovlivňují refrakci. Například výška družic nad obzorem, hustota ionosféry, vodní pára působící na GPS.



Obr. 16 Ionosférická refrakce

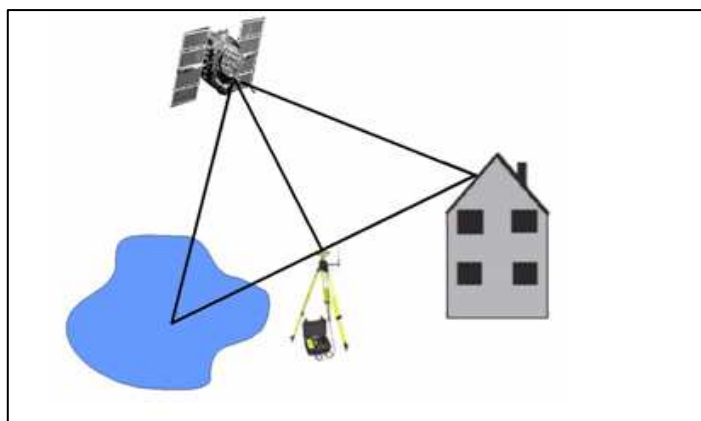
Chyby hodin a přijímače - V družici jsou zabudovány velmi přesné atomové hodiny, přesto se zpomalují, kde vzniká malá odchylka, která ovlivňuje určení polohy a její přesnost. Pokud se tato chyba zjistí, eliminuje se pomocí řídicího segmentu z navigační zprávy.

Snížení přesnosti - Označujeme jako DOP (Dilution of Precision) . Jde o vliv geometrie družice u které vzniká nepřesnost a může mít dopad na chybu určení polohy. Rozlišujeme různé typy přesností. (HDOP – snížení přesnosti v horizontálním směru, VDOP – snížení přesnosti ve vertikálním směru, TDOP – snížení přesnosti v posunu hodin, PDOP – snížení přesnosti ve vertikální a horizontální poloze, GDOP – snížení přesnosti v poloze a čase).



Obr. 17 Snížení přesnosti

Multipath - Tato chyba se projevuje, když je anténa v blízkosti velkých ploch, například budovy, vodní plochy, lesy. Signál vysílající družice nespadá přímo na přijímač, ale odráží se od těchto ploch a tímto principem vzniká chybné měření.



Obr. 18 Multipath

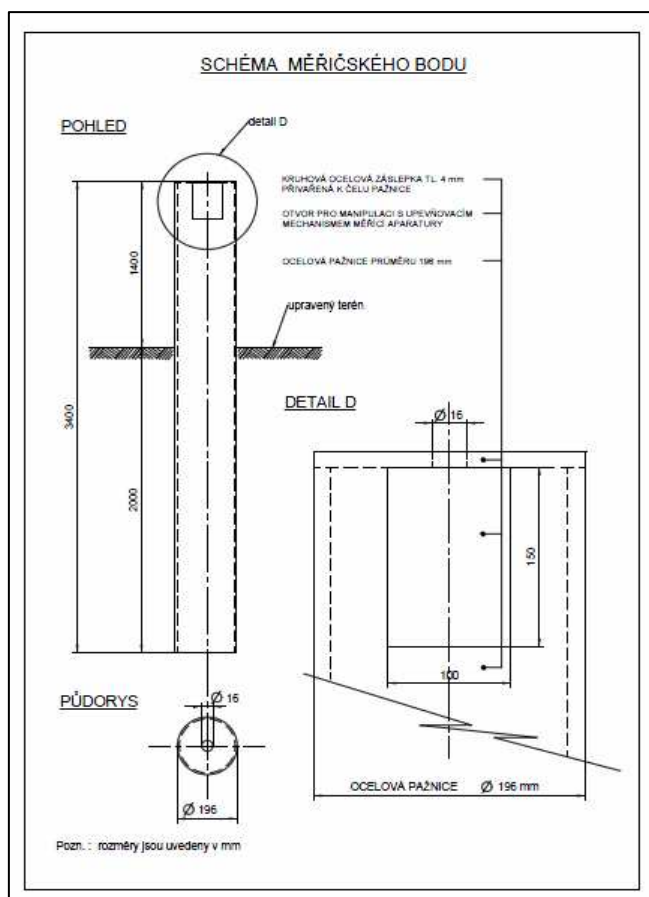
Anti – Spoofing zakóduje P-kód na šifrovaný Y-kód. Jde jako u S/A k zabránění civilním a nepřátelským silám k přístupu P-kódu. Jen vojenští uživatelé GPS mají možnost k přístupu tohoto Y-kódu (USA a spojenci). Běžným uživatelům používajícím systém GPS je přidělen jen C/A kód. Vojenské přijímače jsou přesnější, protože používají P-kód. [4]

7. Stabilizace a rozmístění bodů pozorovací stanice [7]

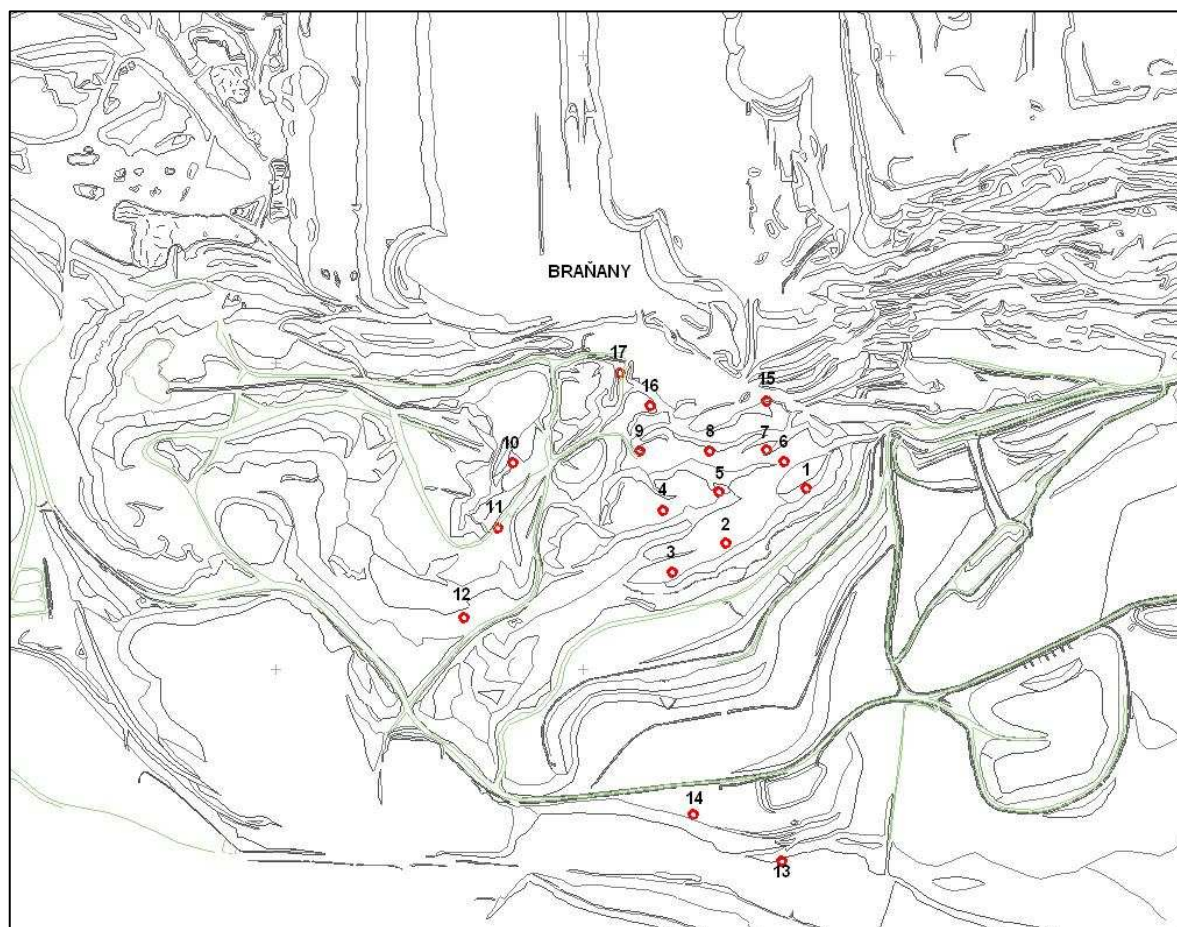
Svislé deformace povrchu výsypky a jejího předpolí jsou sledovány geodeticky. Za účelem je na dané lokalitě instalováno 17 měřičských bodů. Rozmístění vrtů je zřejmé ze situace na obrázku č.20.

Měřičský bod je vyroben z ocelové pažnice $\varnothing 196$ mm a délky 340 cm. Spodní část měřičského bodu je na délku 200 cm zabudována do země a je opatřena ochranným nátěrem.

Horní plocha měřičského bodu je upravena pro upevnění měřicí stanice. Pažnice je v tomto místě zaslepena navařením ocelové záslepky (plechu tloušťky cca 4 mm kruhového tvaru, průměr plechové záslepky je shodný s průměrem pažnice), v jejímž středu je otvor průměru 16 mm pro upevnění měřicí stanice. Těsně pod úrovní horní plochy je z boku obdélníkový otvor o rozměru 100 x 150 mm pro umožnění manipulace s upevňovacím mechanismem měřicí stanice. Ve finální podobě je nadzemní část měřičského bodu natřena žlutou barvou a místo označeno výtyčkou s terčem, dosahujícím cca 2,50 m nad terén.



Obr. 19 Schéma měřičského bodu



Obr. 20 Rozmístění pozorovacích stanic

8. Použité přístroje, pomůcky a programy [10]

GPS Trimble R8 GNSS



Obr. 21 Trimble R8

Napájení

- Externí napájení 11–28V stejnosměrného proudu s ochranou proti vyššímu napětí v portu 1 (7-pin Lemo)
- Nabíjecí, vyjímatelné Li-Ion baterie (7,4 V, 2,0 Ah) ve vnitřní přihrádce. Spotřeba v RTK módu s vnitřním rádiomodemem je menší jak 3,1 W. Pracovní čas na vnitřní baterii: 3,8 hodin, liší se podle teploty
- Certifikát třídy B část 15, 22, 24, 90 FCC, 850/1900 MHz. Třída 10 GSM/GPRS modulu. CE Mark a C-tick schváleno.

Komunikace a uchování dat

- 3-wire sériový (7-pin Lemo) na portu 1. Plný RS-232 sériový na portu 2 (Dsub 9 pin)

Plně integrovaný a uzavřený vnitřní GSM/GPRS6

Plně integrovaný a uzavřený 2,4 Ghz komunikační

port (Bluetooth®)6

- Uchování dat do 11 MB vnitřní paměti: 302 hodin

surových observací při zápisu dat z 6 družic v 15

sekundových intervalech

- Rychlost měření 1 Hz, 2Hz, 5 Hz a 10 Hz

Vstup a výstup ve formátech CMRIL, CMR+, RTCM

2.1, RTCM 2,3 a RTCM 3,0

16 NMEA výstupy. GSOF a RT17 výstupy. Podporuje

BINEX a vyhlazenou frekvenci

Měření

- 72 kanálů:
 - GPS L1 C/A kód, L2C, plná fáze L1/L2/L5
 - GLONASS L1 C/A kód, L1 P kód, L2 P kód, plná fáze L1/L2
 - podpora WAAS/EGNOS1

Diferenční kódové měření GPS2

- Poloha $\pm 0,25$ m + 1 ppm RMS
- Výška $\pm 0,50$ m + 1 ppm RMS
- Přesnost WAAS korekcí3 typicky < 5m 3D RMS

Statická a Rychlá statická metoda GPS2

- Poloha ± 5 mm + 0,5 ppm RMS
- Výška ± 5 mm + 1 ppm RMS

Kinematická metoda 2

- Poloha ± 10 mm + 1 ppm RMS
- Výška ± 20 mm + 1 ppm RMS
- Doba inicializace Typicky < 10 sekund
- Spolehlivost inicializace Typicky > 99.9%⁴

Hardware

Přístroj

- Rozměry (šířka x výška) 19 cm x 11,2 cm včetně konektorů
- Hmotnost..... 1,35 kg s vnitřní baterií, vnitřním rádiomodemem a standardní
- GSM/GPRS anténou.
- 3,71 kg váží celý RTK rover včetně

baterií, výtyčky, kontroleru a držáku.

Programové vybavení

Microstation

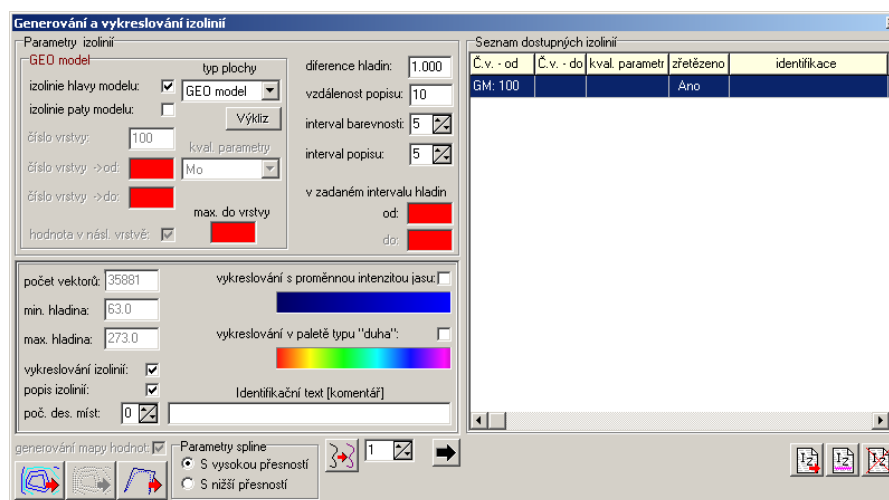
Microsoft Excel

Microsoft Word

Báňský model 2005

9. Rozmístění pozorovacích stanic a izolinie povrchu výsypky [9]

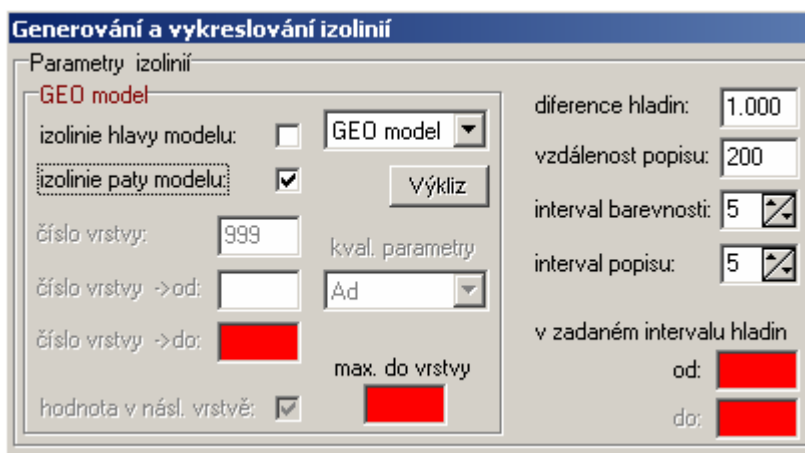
Pro vypracování izolinií Braňanské výsypky bylo použito programu Báňský model 2005.



Obr. 22 Generování a vykreslování izolinií BM 2005

Jde o programové vybavení, které využívá 3D zobrazení, kde do výsledných map bylo zahrnuto rozmístění pozorovacích stanic se směrem posunu dané lokality. Stručný obsah postupu tvoření izolinií v Báňském modelu:

Pomocí okna je možné vygenerovat izolinie a nastavit potřebné vlastnosti, které potřebujeme.



Obr. 23 Nastavení vykreslování v BM 2005

V nabídce v rolovacím menu jsou na výběr typy plochy pro generování izoliní – MASTER model, GEO model. Master model vykreslí vrstevnice báňského terénu. Pokud zvolíme Geo model, otevřou se nám různé možnosti nastavení.

Výstupem jsou 3D výkresy izoliní, které dokumentují výslednici posunu a poklesu. V uvedené příloze se nacházejí izolinie podložky výsypky, izolinie výsypky a byl vytvořen výkres, kde jsou sloučeny tyto dvě složky izoliní do jedné formy výkresu. Dále bylo vloženo pomocí souřadnic rozmístění bodů pozorovací stanice se směrem posunu daného bodu. K názornosti celé této situace byl vygenerován měřický profil, který je barevně vyčleněn podle rozdělení výsypky na části.

10. Vlastní měření v terénu a vyhodnocení

Zaměření bodů číslo 5 – 9 bylo prováděné ve dnech 27.2.2009 a 25.3.2009. Body byly měřeny podle potřeby. Měření proběhlo metodou GPS – Real Time Kinematic s dobou observace 10 s v podobě sedmi měření. Tato měření byla zprůměrována. GPS byla ustavena na ocelové pažnice na výsypce Braňany a zcentrována. Do přístroje bylo vloženo číslo bodu a výška nad měřeným bodem. Poté bylo započato měření.

Po dokončení observace, cca 10 s, bylo měření ukončeno a výsledky měření byly uloženy do paměti GPS. Měření je prováděno 7x, z důvodu vyloučení a stanovení chyb měření. Po ukončení měření byl stroj odejmut a přesunut na další místo měření.

Všechny naměřená data byla vložena do PC a vygenerována v programu Trimble. Ukázka vygenerovaného výpisu je uvedena v příloze.

10.1. Vyhodnocení pohybu bodů

Pro vyhodnocení pohybů bylo zapotřebí základní měření, které proběhlo 16.10.2008. Byly zaměřeny všechny body č. 1-17. Pro výpočet bylo použito programu Excel, kde byl spočítán posun, azimut a pokles. Dále jsou přiloženy směrodatné odchylky měření. Výpočet probíhal ze 7 měření a výsledné celkové odchylky byly zprůměrovány.

Referenční stanice byla zaměřena statickou metodou GPS dvoufrekvenčními aparaturami Trimble 4400 a to výhradně z okolních trigonometrických bodů se souřadnicemi v systémech S-JTSK i ETRS-89. Jde o body po tzv. zkrácené údržbě resp.

body sítě DOPNUL. Tyto připojovací trigonometrické body byly použity rovněž pro výpočet transformačního klíče Dolů Nástup Tušimice, DNT. Byly vhodně rozmístěny pokud možno pravidelně po celém rozsahu zájmového území DNT.

Souřadnice referenční stanice v S-JTSK byly určeny na základě základního transformačního klíče zájmové oblasti, jsou uvedeny v následujícím odstavci a souřadnice referenční stanice v tabulce č.I..

Body použité pro určení referenční stanice : 122-0505, 123-0505, 22-0509-pouze poloha, 12-0510, 21-0510, 28-0510, 19.1-0515, 7-1201, 15-1206, 20-1206, 2-1211. Střední chyba transformačního klíče **pro vypuštění výšky bodu 22-0509** činí v poloze **0.037** m, ve výšce se **0.032** m.

Tab.č - I REFERENČNÍ STANICE DNT

$\varphi = 50^{\circ}23'18.35385''$	$\lambda = 13^{\circ}19'47.4587''$	H = 346.855
Y = 815052.160	X = 998709.715	H = 301.480

Pro měření na dole Bílina je vytvořen lokální klíč z následujících tzv. kalibračních bodů :

Kalibrační body jsou následující :

Cislo bodu | Rozdily | Cislo bodu s ETRS

000906180270 | souradnic | GPS906180270

Y: 783085.830 | dY: -0.019 | Lat: $50^{\circ}37'00.35100''$

X: 977816.850 | dX: -0.017 | Long: $13^{\circ}43'54.73400''$

Z: 235.570 | dZ: 0.005 | Vyska: 279.740

Cislo bodu | Rozdily | Cislo bodu s ETRS

000906190090 | souradnic | GPS906190090

Y: 787340.380 | dY: 0.006 | Lat: $50^{\circ}34'03.29010''$

X: 982719.830 | dX: -0.003 | Long: $13^{\circ}40'57.06850''$

Z: 273.890 | dZ: 0.041 | Vyska: 318.230

Cislo bodu | Rozdily | Cislo bodu s ETRS

000906190130 | souradnic | GPS906190130

Y: 781634.080 | dY: 0.026 | Lat: 50°33'56.18810"

X: 983781.170 | dX: -0.003 | Long: 13°45'51.79790"

Z: 204.520 | dZ: -0.020 | Vyska: 248.780

Cislo bodu | Rozdily | Cislo bodu s ETRS

000906190220 | souradnic | GPS906190220

Y: 787108.270 | dY: -0.006 | Lat: 50°32'07.45310"

X: 986371.950 | dX: 0.014 | Long: 13°41'35.82650"

Z: 327.580 | dZ: -0.008 | Vyska: 372.030

Cislo bodu | Rozdily | Cislo bodu s ETRS

000906230200 | souradnic | GPS906230200

Y: 792452.240 | dY: -0.007 | Lat: 50°35'46.43220"

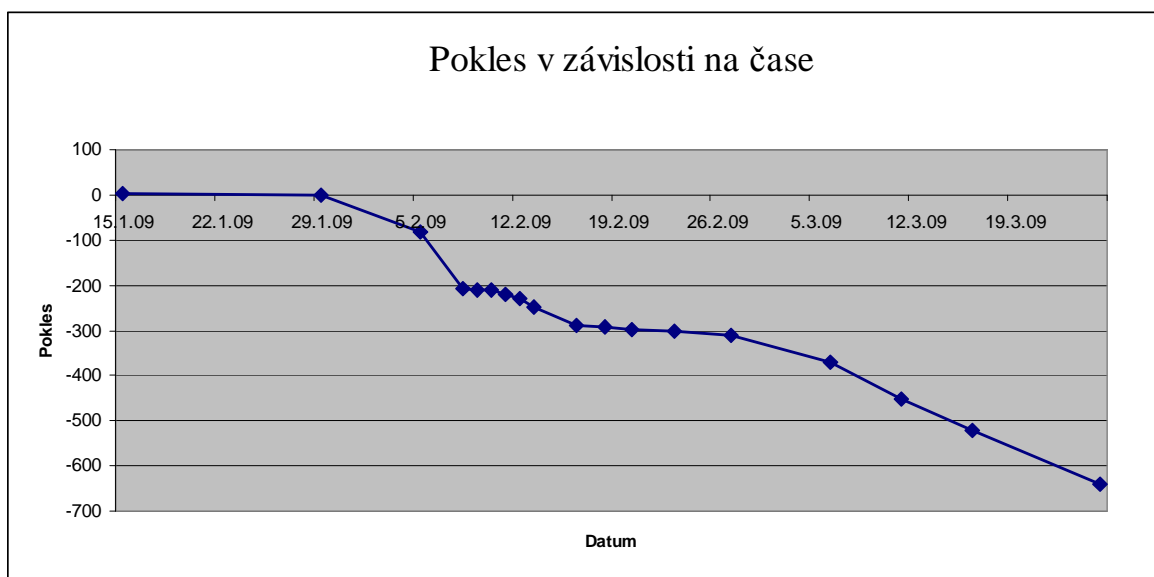
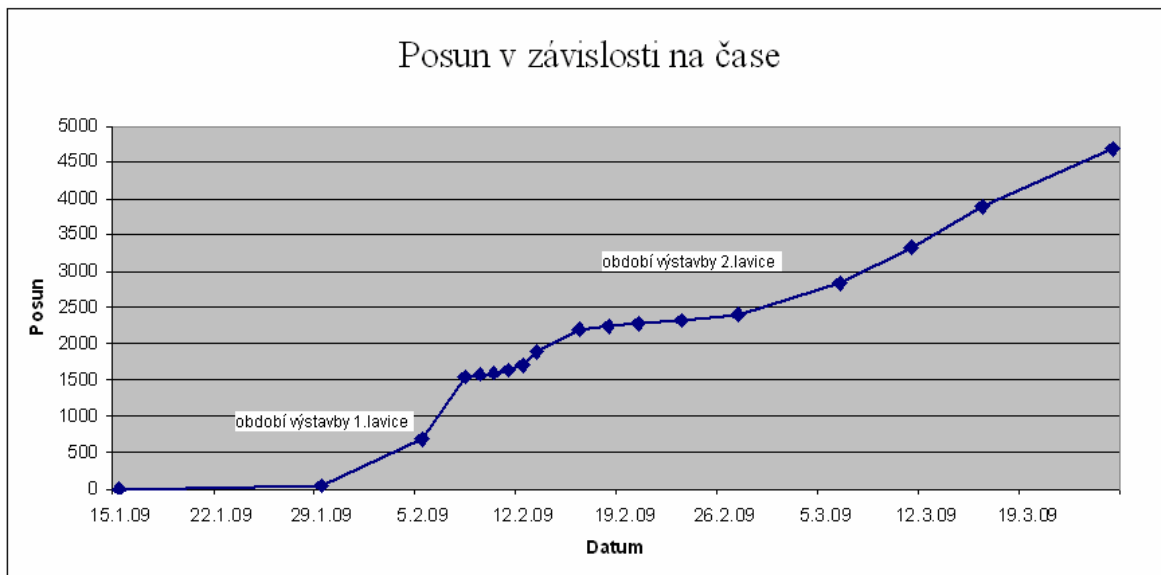
X: 978740.390 | dX: 0.008 | Long: 13°36'10.37080"

Z: 319.000 | dZ: -0.019 | Vyska: 363.470

Vyhodnocení měření GPS a převod do souřadnicových systémů JTSK a Bpv je prováděn přímo v receiveru TSC 2 pomocí programového vybavení Trimble Geomatic Office. Korekce v režimu Real Time Kinematik, RTK jsou přenášeny z referenční stanice pomocí systému GPRS. Vektor z referenční stanice DNT k měřenému bodu č.15 na výsypce Braňany, činí 32 829 m. Přenos dat do referenční stanice je prováděn pomocí mobilního operátora. Transformační klíč je vypočítán z trigonometrických bodů, které jsou rozmístěny v okolí lomu Bílina. Souřadnice a čísla bodů jsou uvedené pod tabulkou referenční stanice DNT.

Při posledním měření za pomoci technologie GPS bylo prokázáno, že největší posun a pokles je u bodu č.15. Závislost posunu vlivem času se nachází na výsledném grafu.

Pro vykreslení grafů byl použit bod č.15, který vykazuje z výsledku měření největší posun a pokles. Byly vyhodnoceny dva grafy ukazující pohyby v závislosti na čase. Přehled veškerých měření od roku 2001 je uveden v příloze.



10.2. Výsledky měření

Tab.č - II Souřadnice bodů

č.b.	základní měření			1. měření			2. měření		
	16.10.08			27.2.09			25.3.09		
	Y[m]	X[m]	Z[m]	Y[m]	X[m]	Z[m]	Y[m]	X[m]	Z[m]
1	785 136,02	985 205,41	238,66	785 136,52	985 204,24	237,36	-	-	-
2	785 265,90	985 294,26	240,68	785 265,88	985 293,93	240,27	785 265,88	985 293,59	239,88
3	785 353,02	985 341,11	247,94	-	-	-	785 352,98	985 340,76	247,51
4	785 369,56	985 241,04	231,89	-	-	-	785 369,87	985 240,48	231,89
5	785 277,05	985 211,61	232,87	785 277,56	985 210,31	233,11	785 277,82	985 209,83	233,19
6	785 172,06	985 161,51	231,88	785 173,41	985 159,44	231,87	785 175,43	985 156,72	231,87
7	785 200,98	985 143,24	227,71	-	-	-	-	-	-
8	785 293,14	985 143,63	222,76	-	-	-	-	-	-
9	785 407,81	985 144,42	222,37	-	-	-	785 407,95	985 143,98	222,42
10	785 613,76	985 162,89	212,95	-	-	-	785 613,70	985 162,93	212,98
11	785 638,47	985 268,70	217,73	-	-	-	785 638,48	985 268,71	217,77
12	785 694,05	985 415,10	238,94	-	-	-	785 694,03	985 415,07	238,96
13	785 176,28	985 811,51	303,00	-	-	-	785 176,28	985 811,52	303,01
14	785 319,60	985 736,74	281,82	-	-	-	785 319,58	985 736,72	281,82
15	785 199,69	985 062,73	219,99	785 207,30	985 040,06	216,87	785 214,12	985 018,16	213,58
16	785 389,25	985 069,82	218,17	785 389,22	985 069,66	218,12	785 438,68	985 069,53	218,13
17	785 438,71	985 018,09	214,34	785 438,71	985 018,02	214,33	785 438,68	985 017,96	214,36

10.3. Výpočet posunu, azimutu, poklesu

Tab.č - III Výpočet pohybů bodů

POSUNY GEODETICKÝCH BODŮ monitorovací systém výsypka Braňany							
systém JTSK, B.p.v.		D a t u m m ě ř e n í					
č.b.	Y	X	Z	[cm,grad,cm]	[cm,grad,cm]	[cm,grad,cm]	[cm,grad,cm]
	16.10.08	16.10.08	16.10.08	5.2.09	18.2.09	27.2.09	25.3.09
1	základní zaměření	základní zaměření		25	113	127	-
	785 136,02	985 205,41	238,66	329	336	337	-
				-23	-109	-129	-
2	základní zaměření	základní zaměření		7	26	32	67
	785 265,90	985 294,26	240,68	357	0	3	1
				-10	-38	-42	-81
3	základní zaměření	základní zaměření		3	14	-	35
	785 353,02	985 341,11	247,94	341	3	-	6
				-7	-20	-	-43
4	základní zaměření	základní zaměření		8	27	-	64
	785 369,56	985 241,04	231,89	324	330	-	331
				0	-2	-	0
5	základní zaměření	základní zaměření		99	129	140	194
	785 277,05	985 211,61	232,87	342	338	339	337
				26	25	23	-2
6	základní zaměření	základní zaměření		47	212	247	586
	785 172,06	985 161,51	231,88	330	327	327	325
				0	0	-1	-2
7	základní zaměření	základní zaměření		126	-	-	-
	785 200,98	985 143,24	227,71	351	-	-	-
				-64	-	-	-
8	základní zaměření	základní zaměření		25	-	-	-
	785 293,14	985 143,63	222,76	4	-	-	-
				-7	-	-	-
9	základní zaměření	základní zaměření		7	-	-	46
	785 407,81	985 144,42	222,37	329	-	-	342

				-1	-	-	5
10	základní zaměření	základní zaměření		2	-	-	7
	785 613,76	985 162,89	212,95	142	-	-	121
				2	-	-	2
11	základní zaměření	základní zaměření		1	-	-	2
	785 638,47	985 268,70	217,73	335	-	-	232
				-3	-	-	4
12	základní zaměření	základní zaměření		2	-	-	3
	785 694,05	985 415,10	238,94	72	-	-	29
				0	-	-	2
13	základní zaměření	základní zaměření		1	-	-	1
	785 176,28	985 811,51	303,00	167	-	-	205
				-1	-	-	0
14	základní zaměření	základní zaměření		2	-	-	3
	785 319,60	985 736,74	281,82	44	-	-	49
				5	-	-	0
č.b.	Y	X	Z				
	4.12.08	4.12.08	4.12.08	5.2.09	18.2.09	27.2.09	25.3.09
15	základní zaměření	základní zaměření		690	2247	2392	4684
	785 199,69	985 062,73	219,99	342	341	341	342
				-82	-292	-312	-641
16	základní zaměření	základní zaměření		4	13	15	29
	785 389,25	985 069,82	218,17	7	6	11	6
				-2	0	-5	-3
17	základní zaměření	základní zaměření		4	7	8	13
	785 438,71	985 018,09	214,34	21	8	6	13
				3	3	-2	2

10.4. Výpočet směrodatných souřadnicových odchylek

$$\sigma_{xy} = \sqrt{0,5 \cdot (\sigma x^2 + \sigma y^2)}$$

Výpočet směrodatných souřadnicových odchylek byl prováděn z měření dne 25.3.2008.

Pro názornost byl uveden výpočet bodu č.14 a ostatní výpočty jsou uvedeny v příloze č.7.

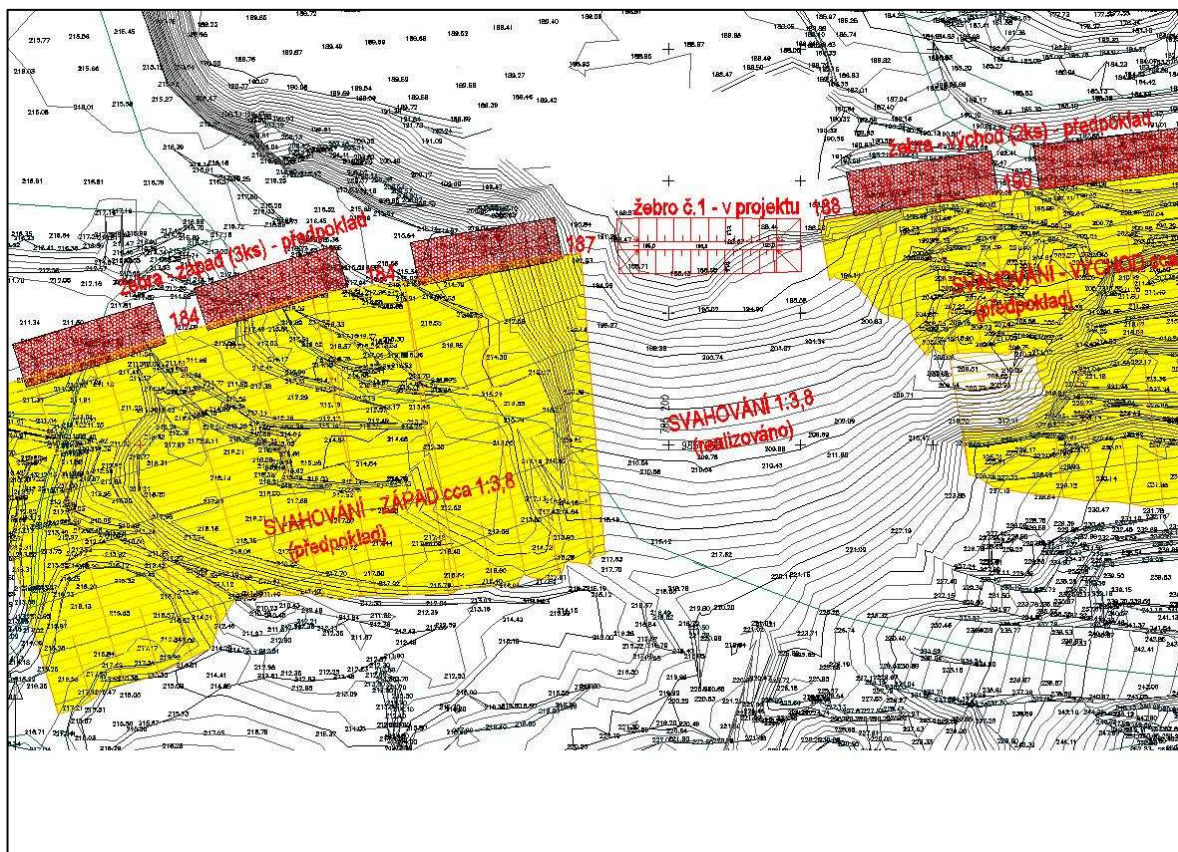
Tab.č - IV Výpočet směrodatné souřadnicové odchylky bodu č.14

č.b.	Y	X	Z			
14	785 319,587	985 736,714	281,827	0,004	- 0,010	0,008
14	785 319,583	985 736,724	281,832	- 0,000	-	0,013
14	785 319,580	985 736,722	281,830	- 0,003	- 0,002	0,011
14	785 319,580	985 736,722	281,804	- 0,003	- 0,002	- 0,015
14	785 319,583	985 736,732	281,807	- 0,000	0,008	- 0,012
14	785 319,586	985 736,729	281,813	0,003	0,005	- 0,006
14	785 319,585	985 736,724	281,823	0,002	-	0,004
14	785 319,583	985 736,724	281,819	0,0000457	0,0001970	0,001
σ_{xy}	σ_x	σ_y	σ_z			
0,003	0,003	0,006	0,011			

11. Závěr

Závěr byl zformován do několika bodů z důvodu přehlednosti a výstižnosti.

1. Měřickou metodou GPS je zjišťován vliv odtěžování paty výsypky na celou plochu výsypky na uvedené pozorovací stanici.
2. Jsou zaznamenávány deformace od několika cm až do cca 47 m.
3. Největší deformace byla zjištěna na bodě 15, na tomto bodě byl v důsledku porušování stability zjištěn posun 46.84 m a pokles 6,5 m.
4. Na základě měření je řízena výstavba stabilizačních opěrných lavic. Celá opěrná lavice nemůže být postavena najednou, ale je prováděna po částech, z důvodu rychlého zavalování základové spáry a uvolněného prostoru.
5. V průběhu výstavby docházelo ke zrychlení pohybů a v závislosti na těchto jevech byly zmenšeny úseky odtěžování výsypky a co možná nejrychleji byla realizována výstavba lavice
6. Bez měřického monitorování by nebylo možné efektivně řídit výstavbu opěrných stabilizačních těles.
7. Velikost částí provádění jsou determinovány výsledky měřického monitorování bezprostředně při výstavbě. Tuto měřickou metodu můžeme označit jak observační.
8. Na obr. je zobrazen projekt výstavby opěrných zatěžovacích těles. Mapový výřez bez měřítko je orientován k severu. V současné době je vybudováno těleso pod označením žebro č.1, dále dvě žebra ve směru západním a v současnosti se buduje žebro východní. Tímto budou práce dočasně přerušeny.



Obr. 24 Postup výstavby opěrných stabilizačních lavic, žeber

Seznam literatury

- [1] KRYL, V : Povrchové dobývání ložisek, VŠB-TU Ostrava 1997
- [2] RAPANT, P. : Úvod do družicových polohových systémů, VŠB – TU Ostrava 2002
- [3] SCHENK, J. : Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině, VŠB – TU Ostrava 2006
- [4] SCHENK, J. : Globální polohové systémy v geodézii, VŠB – TU Ostrava 2003
- [5] Vyhláška č.26/1989 sb. Českého báňského úřadu o bezpečnosti a ochraně Zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem
- [6] Myslivec, A., Eichler, J. a Jesenák, J., 1970, Mechanika zemin
- [7] Geotechnická zpráva, Geotech, Řešení geotechnických a báňsko-historických informací o prostoru výsypky Braňany, Březen 2008
- [8] Geotechnická zpráva, Geotech, Lomové svahy v prostoru Braňanské výsypky, Květen 2008
- [9] Báňský model 2005, Manuál ve formátu .pdf

Internetové zdroje:

- [10] <http://www.geotronics.com/>
- [11] <http://www.beruna.cz>
- [12] <http://www.vugtk.cz/slovník/>
- [13] <http://geologie.vsb.cz/>
- [14] <http://www.sdas.cz>

Seznam obrázků

Obr. 1 Stav lomu Braňany, rok 1967	10
Obr. 2 Geologický profil výsypky	16
Obr. 3 Geologický profil výsypky po odtěžení výsypky	16
Obr. 4 Geologický profil výsypky po odtěžení.....	17
Obr. 5 Vznik tahových trhlin před postupem rypadla KU800/99.....	18
Obr. 6 Výstavba opěrné první kamenné stabilizační lavice, listopad 2008.....	18
Obr. 7 Pohled na výsypku Braňany ze západní strany lomu, únor 2008.....	20
Obr. 8 Poklesové odlučné hrany vyvolané odtěžováním paty výsypky, únor 2008.....	21
Obr. 9 Geodetický bod č. 8 s nucenou centrací je monitorován přístrojem TRIMBLE R8	21
Obr. 10 Geodetická žlutá pažnice bod č. 15 s nucenou centrací, na tomto bodě je měřen největší pokles a posun	22
Obr. 11 Souřadnicový systém WGS-84.....	23
Obr. 12 Družice systému GPS a Obr. 13 Rozmístění družic.....	24
Obr. 14 Rozmístění pozemních řídicích stanic	24
Obr. 15 Struktura družicového signálu	25
Obr. 16 Ionosférická refrakce	27
Obr. 17 Snížení přesnosti.....	28
Obr. 18 Multipath	28
Obr. 19 Schéma měřického bodu.....	29
Obr. 20 Rozmístění pozorovacích stanic	30
Obr. 21 Trimble R8.....	31
Obr. 22 Generování a vykreslování izolinií BM 2005.....	34
Obr. 23 Nastavení vykreslování v BM 2005	34
Obr. 24 Postup výstavby opěrných stabilizačních lavic, žeber.....	44

Seznam tabulek

Tab.č - I	Referenční stanice DNT	36
Tab.č - II	Souřadnice bodů	39
Tab.č - III	Výpočet pohybů bodů.....	40
Tab.č - IV	Výpočet směrodatné souřadnicové odchylky bodu č.14.....	42

Seznam příloh

- Příloha č.1 Výpis protokolu GPS z programu Trimble
- Příloha č.2 Přehled měření od roku 2001
- Příloha č.3 Výpočet souřadnicových směrodatných odchylek
- Příloha č.4 Izolinie podložky výsypky
- Příloha č.5 Izolinie výsypky a podložky
- Příloha č.6 Izolinie výsypky a rozmístění bodů
- Příloha č.7 Měřický profil
- Příloha č.8 Grafy posunu a poklesu jednotlivých bodů (pouze na CD)